КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 629.4.027.001.24

О.Н. ПОПОВ

ВЛИЯНИЕ ПОДКРЕПЛЕНИЙ НА СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ НАДРЕССОРНОЙ БАЛКИ ТЕЛЕЖКИ ВАГОНА 18-100

В статье изложены результаты расчетов и сравнения собственных частот и собственных форм колебаний надрессорной балки тележки 18-100 грузового вагона поздних модификаций как при наличии основных ребер жесткости в центральной части корпуса надрессорной балки, так и без них.
Ключевые слова: *модель, подкрепление, собственная частота, собственная форма, спектр.*

Введение. Математические модели литых деталей тележки 18-100 разрабатывались многими исследователями [1-8]. Каждая из этих моделей служила своим целям и обладала соответствующей степенью адекватности как геометрических, так и механических характеристик. В [6-8] моделирование осуществлялось на платформе современных технологий.

При разработке математической модели такой сложной детали, как надрессорная балка (НБ) и анализе применимости результатов важно понимание достигнутой степени адекватности. Связано это с учетом подкреплений и технологических элементов, присутствующих в литом корпусе.

Описание сравниваемых моделей и средств исследования. Разработка трехмерной математической модели НБ, дискретизация на элементы и расчет произведены в среде ANSYS 6.0. Рассчитывались полная модель НБ и та же модель НБ со следующими удаленными жесткостными элементами:

- два ребра на нижней полке;
- два ребра на верхней полке;
- цилиндр в зоне отверстия подпятника;
- криволинейные ребра в районе бурта подпятника;
- крестообразное ребро в центральной части для крепления шкворня.

Изображения четвертей моделей (разрезы в двух плоскостях симметрии) представлены на рис.1-2. Для дискретизации использовались 10-узловые тетраэдры (SOLID92). Для расчетов брали характеристики изотропного материала с упругими константами, соответствующими стали:

$$E=2.1 \cdot 10^5 \text{ н/мм}^2; \; \mu = 0.3,$$

где E – модуль Юнга; μ – коэффициент Пуассона.

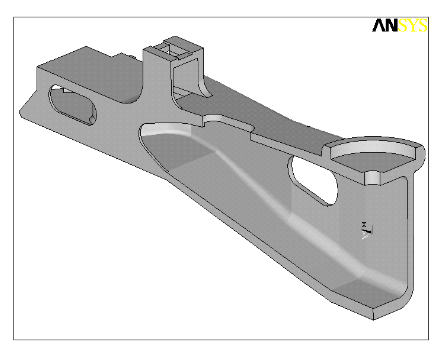


Рис.1. Изображение четверти модели НБ без жесткостных подкреплений

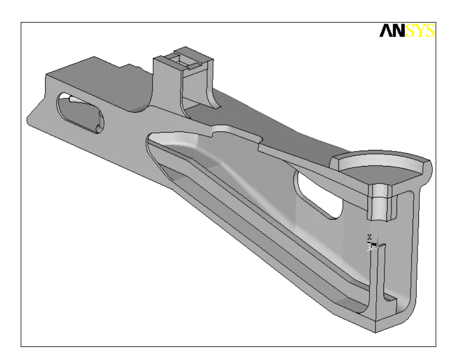


Рис. 2. Изображение четверти модели НБ с жесткостными подкреплениями

Рассчитывались первые 30 собственных частот и собственных форм НБ с жесткостными элементами и без них при отсутствии заделки. Расчеты проводились с помощью блока, реализующего алгоритм Ланцоша. Результаты расчетов в сравнении представлены в таблице.

Значения первых 30-ти собственных частот НБ тележки 18-100

Собственные частоты надрессоной балки без основных жесткостных элементов				Собственные частоты надрессорной балки с жесткостными элементами			
№	*f*, Гц	№	*f*, Гц	№	*f*, Гц	№	*f*, Гц
1	253.36	16(13)	869.26	1	248.13	16	858.84
2	298.25	17	917.79	2	298.87	17	904.61
3	407.53	18	939.39	3	386.76	18	954.24
4	412.60	19(20)	971.05	4	409.18	19	972.86
5	477.83	20	1030.38	5	471.52	20	1000.7
6	596.24	21(-)	1051.10	6	589.23	21	1007.96
7	640.62	22(24)	1061.45	7	621.41	22	1030.46
8	657.30	23(-)	1091.58	8	645.16	23	1046.78
9	693.94	24(25)	1109.46	9	672.	24	1093.10
10	701.07	25(26)	1138.45	10	712.	25	1101.24
11	714.07	26(-)	1173.35	11	721.	26	1132.69
12	778.86	27(-)	1182.65	12	774.49	27	1137.25
13(14)	785.31	28(-)	1186.17	13	800.21	28	1142.41
14(13)	809.27	29(-)	1212.84	14	812.7	29	1183.56
15(17)	862.51	30(-)	1269.53	15	837.41	30	1214.18

Примечание. Двойная нумерация означает, что собственная форма НБ без основных жесткостных элементов с указанной частотой соответствует собственной форме НБ с основными жесткостными элементами с номером частоты, указанной в скобках. Если второй номер не указан, то значит он совпадает с первым. Если для формы балки без подкреплений нет соответствующей формы балки с подкреплениями среди форм, рассчитанных для первых 30-ти собственных частот, то в скобках стоит знак "–".

Анализ результатов. Анализ собственных форм показал, что как у НБ с жесткостными элементами, так и у НБ без них, первой и второй собственными формами являются формы изгиба (полуволна) в горизонтальной и

вертикальной плоскостях. Несмотря на ослабление корпуса, по сравнению с НБ с подкреплениями, в нижней части спектра имеется тенденция к повышению собственной частоты НБ на величину около 2% для первых 5 частот. Связано это частично со значительной массой подкреплений. В то же время вторая частота (колебания преимущественно в вертикальной плоскости) осталась практически без изменения. Иными словами, с точки зрения динамического анализа при низкочастотных колебаниях (центральная эксплуатационная несущая частота 3…5 Гц) указанные ребра не столько упрочняют, сколько утяжеляют деталь. Первые 5 собственных форм не имеют качественных различий для рассматриваемых вариантов моделей НБ.

Для больших частот проявляется естественная тенденция к повышению значений собственных частот для более жесткого корпуса НБ с подкреплениями по сравнению с корпусом без подкреплений, которая доходит до 3%. В связи с этим для ряда частот нет соответствия в собственных формах (такие частоты отмечены знаком “–“ в таблице) в рассмотренном диапазоне. Еще одной причиной несоответствия собственных форм является присутствие в спектре НБ с подкреплениями частот, являющихся частотами первого квазирезонанса крепления для шкворня (центральная часть балки, крестообразное ребро, закрепленное только снизу). Такая собственная частота конструкции, естественно, отсутствует в спектре частот балки без подкреплений.

В связи со сказанным выше, характер колебаний изучаемых моделей НБ при решении задач о вынужденных колебаниях в высокочастотной области будет различаться. Для примера на рис.3-4 приведены формы, соответствующие частотам с номерами 25 для НБ с жесткостными элементами и без них.

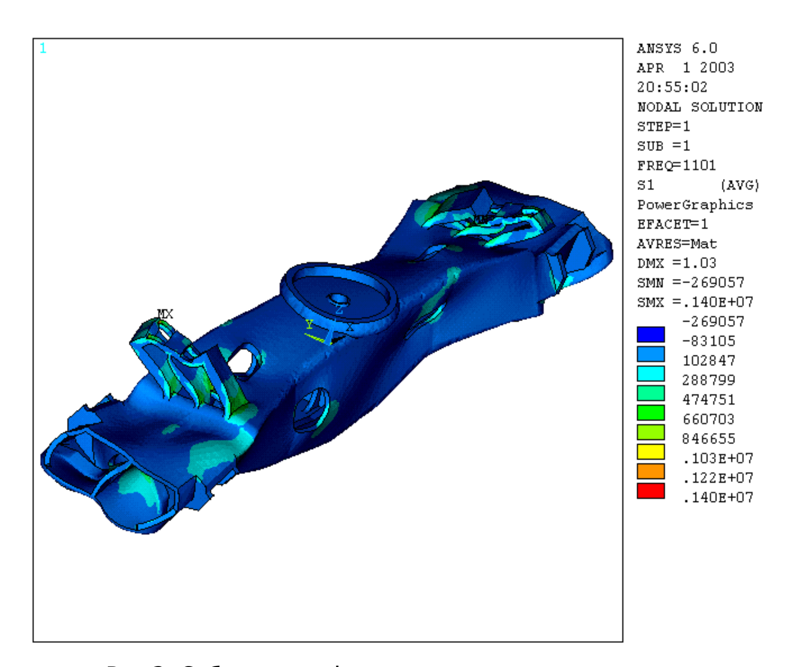


Рис.3. Собственная форма, соответствующая частоте с номером 25 НВ с жесткостными подкреплениями

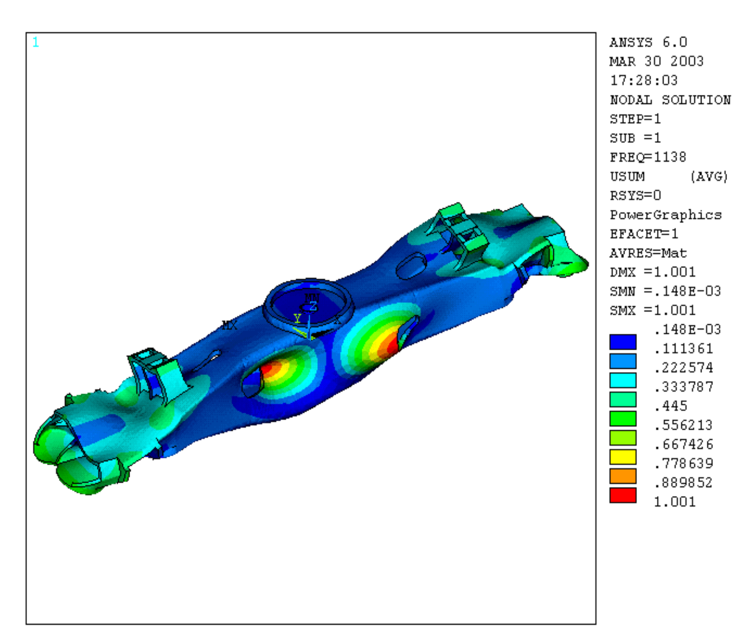


Рис.4. Собственная форма, соответствующая частоте
с номером 25 НВ без жесткостных подкреплений

Выводы. Анализ проведенных расчетов показывает, что основную роль в формировании спектра собственных частот играет корпус НБ, но значительные по массе и жесткости подкрепления – продольные ребра – необходимо учитывать при построении модели, поскольку они оказывают влияние на собственные частоты как в нижней, так и в более высокой части спектра. Одновременно из вышесказанного следует, что опущенные при моделировании мелкие неоднородности (наплывы вокруг технологических отверстий, крепление для фиксации балки) с незначительной массой учитывать при расчете собственных частот и форм в ряде случаев не обязательно.

Полученные результаты могут быть лишь оценкой для спектра НБ более ранних модификаций, которые имеют более тонкий корпус, но не имеют продольных ребер, а мощную цилиндрическую колонку, соединяющую верхнюю и нижнюю полки в центре НБ.

Установлено, что основной вклад в динамическую прочность при переходе от старых модификаций балок к новым несет утолщение корпуса, а не продольные ребра.

Библиографический список

1. Плоткин В.С., Цукерман В.Д., Табакман А.В. Совершенствование расчетной схемы боковой рамы тележки грузового вагона с использованием метода конечных элементов // Проблемы совершенствования вагонных конструкций и методов их использования: Сб. науч. тр. ВНИИВ, 1984. – С.22-31.

2. Приходько А.П., Юрченко А.В. Расчет напряженного состояния и сопротивления усталости надрессорной балки тележки грузового вагона // Вестник ВНИИЖТ. – 1981. – №4. – С. 49-53.

3. Иорш Е.Т., Плоткин В.С., Радзиховский А.А. Исследование усталостной прочности надрессорных балок тележек грузовых вагонов при нагружении, имитирующем боковую перевалку: Тр. ВНИИВ, 1983. Вып. 49. – С. 27- 33.

4. Аксенов Ю.Н., Смирнов В.Ю., Летунов Б.П. Алгоритм расчета долговечности транспортных конструкций на основе конечно-элементного анализа //Проблемы механики ж/д транспорта, 1988: Тез. докл. Всесоюзной конференции. – Днепропетровск, 1988. – С. 86.

5. Шудрак С.М. Совершенствование методов оценки напряженного состояния боковых рам, литых деталей тележек грузовых вагонов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1987. – 38 с.

6. Павлюков А.Э. Применение компьютерных методов создания вагонов для анализа их текщего состояния в эксплуатации: Сб. науч. тр. 2-й науч.-практ. конф. Серия IV. «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2000. – С. 23.

7. Аксенов Ю.Н., Петров С.Ю., Богачев А.Ю. и др. Концепция повышения доходов отрасли за счет практического использования современных программных средств: Сб. науч. тр. 4-й науч.-практ. конф. Серия IX. «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – М.: МИИТ, 2001. – С. 2.

8. Попов О.Н., Попова Т.В., Ушаков А.В., Флегонтов Н.С. Разработка трехмерных моделей надрессорной балки и боковой рамы тележки 18-100 в среде ANSYS: Отчет о НИР РГУПС, №РК 0120. 0 409093. – Ростов н/Д, 2002. – 37 с.

Материал поступил в редакцию 20.06.06.

O.N. POPOV

AN INFLUENCE OF REINFORCES ON EIGENVALUE FREQUENCIES OVER SPRING BEAM OF CART 18-100 RAILWAY WAGON

This article devoted description of calculations results of eigenvalue and eigenform problem of over spring beam cart 18-100 railway wagon of latest modifications, with elastic reinforcements in central region , and without.

ПОПОВ Олег Нестерович (р. 1955), старший научный сотрудник лаборатории «Техногенной безопасности и испытаний криогенной техники» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Окончил механико-математический факультет РГУ в 1977 году.
Область научных интересов: моделирование и расчеты сложных деталей, применение расчетов для разработки стендов акустико-эмиссонного контроля, прогнозирование рисков с учетом ресурса, оценка природно-техногенных рисков на железнодорожном транспорте с использованием технологий геоинформационных систем.
Автор свыше 25 научных публикаций.